

HA法を用いた化学プラントにおけるシステム化対象項目評価法

江口 元*, 橋本 芳宏*, 伊藤 利昭*

Study on the Application of HA to the Evaluation of Chemical Plant Automation

Hajime EGUCHI*, Yoshihiro HASHIMOTO*, Toshiaki ITOH*

Abstract:

The rearrangement of routine work in a chemical plant may be caused by the development and acquisition of operational skills resulted from the decrease of operational staff's workload. In order to decrease the workload of the operational staff and to increase the rate of productivity, the plant automation systems are necessary to take the place of the skill of operational work. It is, however, difficult to decide which work should be targeted for the systematization.

This paper presents a framework for determining the level of priority for each proposed system solution that decreases the operational staff's workload without using return on the investment. In accordance with this framework, a methodology, which is called Hierarchical Analysis (HA), is proposed. An evaluation of chemical plant automation systems is also presented as a practical application of the proposed method.

Key words:

decrease of the workload, chemical plant, skill of operational staff, Hierarchical Analysis (HA), chemical plant automation

1. はじめに

化学プラントにおいて運転スタッフ（製造現場で生産に直接従事する運転員をさす。一般にチームを組んで作業し、その中のリーダーがチームを監督する）が日々従事している業務の負荷を、その技能をシステム化することによって軽減できれば、自分の技能の熟練度を高めたり新しい技能を身につけたり、また判断力を求められ個人の潜在力を発揮しなければならない業務へと業務内容を転換させたりする推進力になる。製造現場にシステムを導入する場合、投資利益率で評価するのが一般的であるが、本論文では金額を用いた評価は行わず、運転スタッフの業務を軽減することによって生み出すことのできる価値の大きさによって評価する方法を提案する。運転スタッフの技能をシステム化することによって、業務の負荷を軽減するというプロセスを繰り返していけば、運転スタッフの高齢化や人減らしのすすんでいるプラントにおいても、技能の熟練度を高めたり、新しい技能を身につけたりすることによって、生産性向上

*名古屋工業大学 システムマネジメント工学科
*Dept. of Systems Management and Engineering,
Nagoya Institute of Technology, Nagoya 466-8555
Japan (Received February 10, 2005)

も見込めるであろう。

化学プラントの運転スタッフの業務における技能をシステム化するためには、どの業務のどの部分がシステム化可能で、その結果どの程度の業務負荷が軽減できるかを明らかにする必要がある。また同じ技能でも従事する運転スタッフの職責によって価値が異なると考え、その重み付けのための指標（これを技能のシステム化優先度と呼び、職責にとって価値が低いと考えられる技能を優先的にシステム化し、業務負荷を軽減する）も必要である。運転スタッフの業務に含まれる技能には、職責に応じた価値の違いがあると考えて、価値が低いとみなされるものからシステム化していくのが効果的である。それに基づいて、業務の負荷を軽減するために候補としてあげたいいくつかのシステムのうちで、どのシステムの導入が最も効果的であるかを定量的に評価する。本論文ではこの評価のための方法論と、AHP法（Analytical Hierarchy Process）^{(1) (2)}の考え方をとり入れ、ここで扱う問題に向けたHA法（Hierarchical Analysis）とを提案し、それらの有用性を化学プラントの例で確かめた。

2. 運転スタッフの業務分析と代替案の列举および

び HA 法の階層構造

化学プラントにおいて運転スタッフの果たす役割は大きい。プラントにおける機械化、自動化は進んでいるが、それは生産プロセスにおいて運転スタッフが果たすべき役割のごく一部に置き換わっているに過ぎない。したがって、運転スタッフが業務において必要とする技能をシステム化する余地は、まだ多く残されている。吉川^③によると作業は知能作業と技能作業に分けられる。そこでは技能作業を機械化するための枠組みとして、人工技能の概念が提案されている。それは技能教示、技能学習、技能シンセシスという接近法をとおして個別の作業の機械化を目指すものであるとしている。また榎木^④によると、人間の技能で操作能力の側面のみを日常性の文脈から切り出し、エレクトロニクス技術により機械の中に押し込めてしまうならば、その時点で孤立したものになってしまい、やがては陳腐化するとしている。本論文では吉川^③による分類を参考にして、製造現場において意味のある作業は知能作業も技能作業もすべて時間をかけて身につける技能であると考え、さらに知能作業から会話、すなわち最も高い熟練を要すると考えられるコミュニケーションを独立させる。すなわち運転スタッフの業務を構成する技能作業をオペレーション技能、知能作業をメモリ技能とコミュニケーション技能の合わせて3つに体系化する。本論文で提案するのは個別の作業の一部あるいはそのすべてのシステム化が可能で、さらに複数の作業にまたがるシステム化も可能であるという前提のもとに、人とシステムが共存する環境において時間をかけて少しずつシステム化の範囲を広げ、業務負荷を軽減して運転スタッフは技能の高度化や新しい技能の習得に取り組むという考え方である。それによって生産性の向上も見込めるであろう。

2.1 運転スタッフの業務の技能による体系化

運転スタッフは日々数多くの業務を遂行しているが、高い熟練度を要する技能も含まれている。それらの技能のうちで、コンピュータで代替しうる部分を明らかにするために、運転スタッフの従事する業務を3つの技能によって体系化する。()内は業務負荷を軽減するために適用するコンピュータ技術の例である。

1) 運転スタッフが手・足を使うこと：オペレーション技能

運転スタッフが設備やコンピュータを操作すること(制御の高度化による設定値変更回数の削減)、

運転の状況を記録にとること(データ収集、監視など)、生産に必要なものを運ぶことあるいは使用した設備を洗浄すること、設備の巡回点検などがこの技能である。この技能はプラント運転技能のもっとも基本的なものであり、運転スタッフは最初に身につけなければならないが、リーダの場合はシステム化優先度が最も高い。

2) 運転スタッフが記憶力を使うこと：メモリ技能

プラントの運転実績データは帳票の形で保存されているが、膨大な過去のデータを有効に活用しようとする、必要なデータを検索して抽出したり加工したり簡略化したりする技術が必要になり、担当者の個人的な技量に依存する部分が多い(運転データのデータベース化による検索・編集の迅速化)。また生産性向上のために運転データの解析が必要になることも多い(異常診断、品質管理)。

3) 運転スタッフが口・耳を使うこと：コミュニケーション技能

生産にかかわる人たちのコミュニケーションは円滑な生産に不可欠である。現在はミーティング・報告会などフェイス・ツー・フェイスのコミュニケーションが主流になっているが、工場内外におけるインターネット・イントラネットなどのコミュニケーション・ネットワークの広がりによって、情報伝達の手段が充実し、多様化してきておりその新しい技術を有効に活用すれば、迅速かつ正確なコミュニケーションを助けることができる(電子会議、電子掲示板など)。リーダの場合は業務の中でこの技能の発揮が求められるので、システム化優先度は低い。

これらの技能の体系は、階層的な評価の中で、リーダ、中堅、新人という対象者の職位によって求められる技能は異なること、すなわちシステム化優先度が異なることを示す重み付けに用いる。

2.2 運転スタッフの業務と技能のつながり

体系化した3つの運転スタッフの技能が、実際の業務とどのようなつながりを持つかについて述べる。

1) オペレーション技能を含む業務

業務のうちでオペレーション技能を含むものは次のとおりである。運転中の運転スタッフによる監視および設定変更操作、生産計画の作成(計画の書式への記入)、運転実績データの収集のための帳票へのデータ記入、反応機への粉体原料装入、生産銘柄変更の際の設備洗浄、設備の巡回点検な

どがある。

2) メモリ技能を含む業務

業務のうちでメモリ技能を含むものは次のとおりである。運転実績データの集計と解析，運転実績データを用いたプラントの異常診断，品質異常の原因調査，設備の汚れ推定と洗浄・部品交換などの時期のガイダンス，さらに製品の生産計画の作成（最適計画の探索），設備の使用計画の作成，報告用資料作成などがある。

3) コミュニケーション技能を含む業務

運転スタッフは生産を円滑に行なうために，定期的なあるいは不定期のミーティングを行ない，さらに他部署あるいは社外への報告・連絡を行なう。その際に必要とされるのがこの技能である。また教育や体系化された運転技能の伝承にもこの技能が必要である。

2.3 実現可能な代替案の列挙

対象となる化学プラントにおいて，運転スタッフの業務を代替できるシステムを列挙する。すなわち，すでに洗い出した運転スタッフの業務で，そこに含まれる3つの技能を代替することによって負荷を軽減できると思われるシステムを，代替案として次の観点から列挙する。

- 1) 他の類似プラントにすでに導入され，運転スタッフの業務負荷軽減に実績を上げているシステム
- 2) このプラント特有の業務において負荷軽減ができると考えられ，かつ技術的にも実現可能なシステム
- 3) 技術的には挑戦的であるが，運転スタッフの業務内容を大きく変えるほどインパクトのあるシステム

代替案としてあげる具体的なシステムは業務を洗い出したあとで，システム部門の担当者とプラントの関係者（マネジャー，リーダー）とが協議し

て決める。その際に，そのシステムの導入によって負荷軽減できる時間を業務分析の結果をもとに業務ごとに算定する。

2.4 HA法の階層構造

HA法では Fig.1 に示すように，AHP法と同じく人の意思決定過程を最終目標，評価基準，代替案の階層構造としてとらえ，各階層をそれぞれ独立した要素であらわす。最終目標，評価基準，代替案の各要素間のつながりは階層ごとの重みで評価する。さらに最終目標の視点からみた代替案の各要素の評価を求め，それを用いて代替案の中から最もよいもの（優先順位の高いもの）を選択する。またレベル間の要素の対応が1対nの場合は，一対比較による定性的評価指標を用いて要素間の重みを求め，n対m ($n \neq 1, m \neq 1$) の場合は，実測値による定量的評価指標を用いて要素間の重みを求める。ここで提案するシステム化対象項目評価法では，Fig.2 に示すように，最終目標（レベル1）を‘業務負荷軽減’とし，評価基準1（レベル2）は‘運転スタッフの業務において体系化した3つの技能による評価’で，一対比較によって重み（技能のシステム化優先度）を求める。次に評価基準2（レベル3）は‘技能のシステム化によって負荷が軽減できる業務’である。評価基準1と評価基準2とのつながりを求め，運転スタッフが評価基準2の業務の中で，技能ごとに1か月あたりどのくらいの時間を費やしているのかを実測する。その時間を用いて，評価基準2の重みを求める。さらに代替案（レベル4）は‘システム化の対象項目’である。評価基準2と代替案とのつながりを求め，業務分析の結果をもとに，代替案の要素それぞれによって軽減できる負荷の時間数を見積もり，その時間を用いて代替案の重みを求める。この代替案の重みで，システム化の対象項目に導入に関する優先順位をつける。

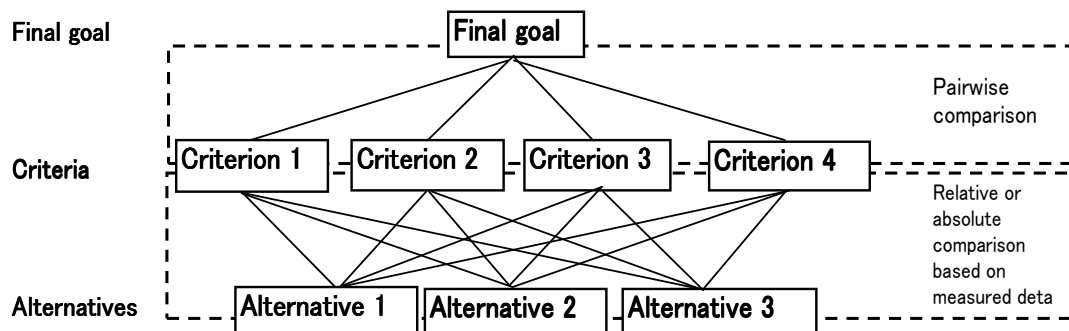


Fig. 1 Hierarchical structure of HA

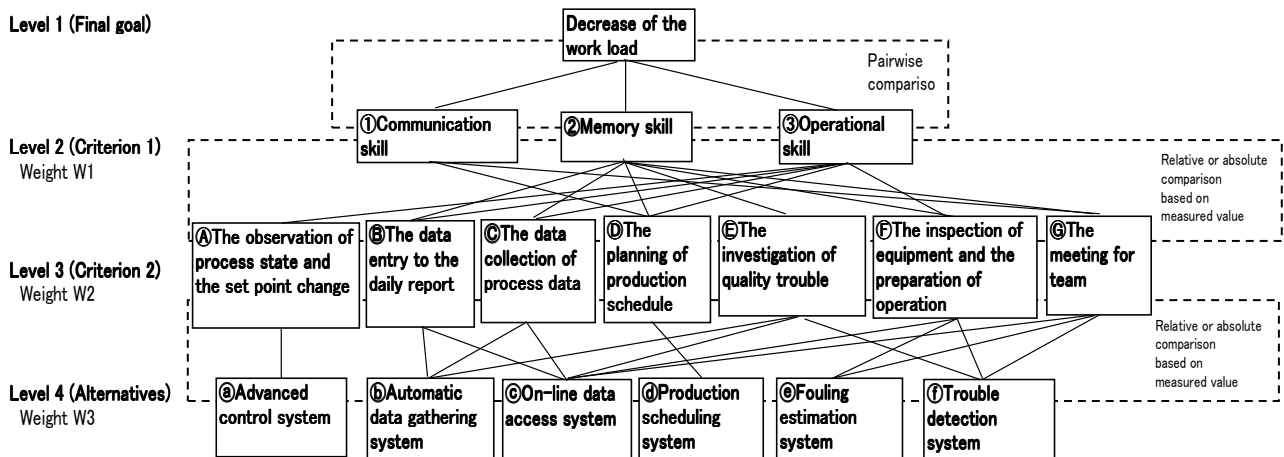


Fig. 2 Hierarchical structure of the decrease of the workload

3. 具体例

以上に述べた考え方にしたがって、ある化学プラントについて、システム化の対象項目を評価する過程を HA 法によって検討した。まずリーダに自分自身の 1 か月間の業務を分析してもらい、どのようなことをしているかを調べた。さらに、技能のシステム化によって軽減できる負荷が業務にどの程度あるかを明確にするため、その中に含

まれている 3 つの技能にかかわる時間も調べた (Table3 に正規化した時間を示す)。1 つの業務に 2 つ以上の技能が含まれていることもある。ここで 1 か月は 23 日で、1 日の実働時間は 8 時間である。さらにこのプラントに導入可能なシステムを列挙し、それぞれ業務ごとに軽減できる負荷の時間数を求める (Table4 に時間数を示す)。

Table1 Scale for pair wise comparisons

Comparison of the component i with j	$\rightarrow a_{ij}$
i and j are of equal priority	$\rightarrow 1$
i is weakly prior to j	$\rightarrow 2$
i is strongly prior to j	$\rightarrow 3$
i is very strongly prior to j	$\rightarrow 4$
i is absolutely prior to j	$\rightarrow 5$

Table2 Matrix A for pair wise comparison

a_{ij}	①Communication skill	②Memory skill	③Operational skill
①Communication skill	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$
②Memory skill	2	1	$\frac{1}{2}$
③Operational skill	3	2	1

3.1 具体例の階層構造と評価

ある化学プラントを想定した Fig.2 に示す階層構造において、リーダの業務分析から評価基準ごとに求めた具体的な数値を用いて、代替案にシステム化の優先順位をつけた。

1) 最終目標 (レベル 1)

最終目標はリーダの業務の負荷を軽減することである。そのために、代替案のうちどのシステムが最も有効であるかを HA 法で評価する。

2) 評価基準 1 (レベル 2)

システム化の優先度を評価するために、次の 3 つの技能について一対比較を行なう。

①コミュニケーション技能, ②メモリ技能, ③オペレーション技能

ここではリーダについて一対比較を行なう。評価基準 1 の 5 段階の一対比較値 (Table1 に示す) を決めて、一対比較表 (一対比較行列) **A** (Table2 に示す) をつくる (Table1, Table2 の a_{ij} は一対比較行列 **A** の要素をあらわす)。システム化の優先度は、オペレーション技能はコミュニケーション技能に比べてかなり高く、メモリ技能はコミュニケーション技能に比べてやや高い。またオペレーション技能はメモリ技能に比べてやや高い。

(Table2 の矢印の方向はシステム化の優先度の高いものを示す) 一対比較では、一対比較行列 **A** の固有値、固有ベクトルを求め、最大固有値 λ_{\max} に対する固有ベクトルがその評価基準の要素の重みをあらわす。Table2 で示す一対比較行列 **A** の最大固有値は $\lambda_{\max} = 3.054097$ 、固有ベクトルは $[0.262347 \ 0.482196 \ 0.835859]^T$ である (T: 転置行列)。この一対比較の整合度 CI は、一対比較行列の大きさが 3×3 なので $CI = (\lambda_{\max} - 3)/(3 - 1) = 0.02705$ であり、0.1 より小さいので整合性があるといえる^{(1),(2)}。ここで求めた固有ベクトルを正規化するが、要素の積を 1 にするという方法を用いる。その理由は、3 つの技能の職責に応じた価値をより明確に比較評価するためである。そのようにして求めた、評価基準 1 の正規化された重み $\mathbf{W1} = [0.5548 \ 1.0197 \ 1.7676]^T$ は技能のシステム化の優先度が、オペレーション技能はメモリ技能より高く、メモリ技能はコミュニケーション技能より高いことを示している。

3) 評価基準 2 (レベル 3)

評価基準 2 はリーダーの日々の業務を分析して得られた、技能のシステム化によって負荷を軽減で

きる可能性のある業務を要素としている。評価基準 1 (3 つの技能) の要素と評価基準 2 の要素とでつながりのあるものを結びつけ、業務分析で求めた 1 か月あたりのその業務に割く時間のうち、各技能に必要とする時間数を求める。それらを業務ごとに正規化したものを用いて各要素の重みを求める (Table3 に業務ごとに正規化した技能必要時間数を示す。各要素の分子は実測した時間、分母は業務ごとの技能の合計時間である)。業務ごとに要素を正規化した理由は、レベル 4 の重みを求めるために実測した、システムの導入によって業務ごとに軽減できる時間数を、3 つの技能にどう振り分けるかを定めるのに用いるためである。検討の対象としたプラントにおいて、評価基準 2 の要素は次のとおりである (ここで 7 つの業務は導入可能な 6 つの代替案と同時に選び出されており、いずれも技能のシステム化によって負荷を軽減できる可能性がある)。

- Ⓐ 運転監視と設定値変更, Ⓑ 運転日誌の記入, Ⓒ 運転日誌の集計, Ⓓ 生産計画作成, Ⓔ 品質異常原因究明, Ⓕ 設備点検・準備作業, Ⓖ 作業ミーティング

Table3 Normalized cumulative hours of each skill (Matrix B)

		(hour/hour)		
Work i \ Skill j		①	②	③
	Ⓐ		0	0
Ⓑ		0	2/17	15/17
Ⓒ		0	1/6	5/6
Ⓓ		1/15	8/15	6/15
Ⓔ		0	5/5	0
Ⓕ		0	20/60	40/60
Ⓖ		10/20	10/20	0

リーダーは毎月業務 Ⓓ 生産計画作成に①コミュニケーション技能 (他の部署との調整など) で 1 時間, ②メモリ技能 (最適計画の探索など) で 8 時間, ③オペレーション技能 (データの収集, データの記入など) で 6 時間費やしている (これらの合計は 15 時間である)。評価基準 1 の正規化された重みをあらわすベクトル $\mathbf{W1}$ を, Table3 で示す業務ごと正規化技能必要時間行列 **B** にかけて、評価基準 2 の重みをあらわすベクトル $\mathbf{W2}$ を求める。

$$\mathbf{W2} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{W1}$$

$$= [1.7676 \ 1.6796 \ 1.6429 \ 1.2878 \ 1.0197 \ 1.5184 \ 0.7873]^T$$

4) 代替案 (レベル 4)

代替案はシステム化の具体的な項目である。ここでは 2.3 節で示した観点から、代替案としてこのプラントに導入可能なシステムをあげる。それぞれ評価基準 2 の現在の業務に対応しているが、一対一の対応とは限らず、1 つのシステムの導入によって複数の業務の負荷を軽減できることもある。これらの代替案は評価基準 2 (レベル 3) の業務に対応するものとして同時に選び出された。このプラントにおいて導入可能な代替案としてのシステムは次のとおりである。

- Ⓐ 高度制御システム, Ⓑ データ収集システム,

- ㉔ データ検索システム, ㉕ 生産計画システム,
- ㉖ 設備・機器の汚れ推定/洗浄時期判定システム,
- ㉗ 異常検知システム

ここで ㉖, ㉗ は他のプラントで実績のあるもの, ㉔, ㉕ はこのプラントで特に有効であると考えられるもの, ㉔, ㉕ は挑戦的なテーマである. ただし, ここではこれらのシステムには相互依存関係はないものとする. 次に業務分析の結果を用いて,

評価基準 2 の業務と代替案それぞれとのつながりを示す行列を作る. 行列の要素は, リーダの業務のうちで代替案のシステムによって軽減できる 1 か月あたりの負荷の時間数である. これらを用いて各代替案の重みを求める (Table4 はシステム導入によって業務ごとに軽減できる負荷の 1 か月あたりの時間数を示す).

Table4 Spare time saved by each system (Matrix C)

		(hour/month)						
work i \ alternative j	work i	A	B	C	D	E	F	G
	㉔	10	0	0	0	0	0	0
㉕	0	10	1	0	1	0	0	0
㉖	0	1	1	0	1	1	1	1
㉗	0	0	0	10	0	0	0	0
㉘	0	0	0	0	0	0	1	1
㉙	0	0	0	0	0	1	1	1

例えば代替案 ㉖ データ検索システムは, 1 つの代替案 (システム) で複数の業務の負荷を軽減している (軽減できる負荷の時間数は業務 B 運転日誌の記入で 1 時間, 業務 C 運転日誌の集計で 1 時間, 業務 E 品質異常原因究明で 1 時間, 業務 F 設備点検・準備作業で 1 時間, 業務 G 作業ミーティングで 1 時間の合計 5 時間である). 評価基準 2 の重みをあらわすベクトル **W2** を Table4 で示す業務ごと負荷軽減時間行列 **C** に掛けて, 代替案の重みをあらわすベクトル **W3** を求める.

$$\mathbf{W3} = \mathbf{C} \cdot \mathbf{W2}$$

$$= [17.676 \ 19.4586 \ 6.6479 \ 12.878 \ 2.3057 \ 4.1127]^T$$

ここで求めた代替案の重み **W3**, すなわちどのシステムの導入効果が高いかを示す指標が最終結果である. 最終結果のベクトルの要素 (6 個) のうちで値の大きいものから順に, リーダの業務負荷の軽減という最終目標に対してシステムの導入効果が大きい.

3.2 具体例の検討結果

今回の HA 法を用いた検討では, 一対比較を行っているのは **W1** を求めるときだけである. 項目数を 3 つだけにして, しかも正規化するにあたって, 3 つの要素の積を 1 にするという方法で, 評価対象者の職責の特徴をはっきりとあらわせるものにしていく. また今回の検討の特徴として, 3 とおりの重みを求めるにあたって, **W1** は一対比較で求めているが, **W2** と **W3** では実際に測定

した数値をそのまま重みの計算に用いている. そのため, **W2**, **W3** については固有値, 固有ベクトルを求める必要がなく, 計算が簡単である. 一対比較を用いない方法は最終結果の見とおしがつきやすく, 関係者の納得が得られやすい. さらに HA 法における階層化した評価においては, 1 つの業務で 2 つ以上の技能を含んでいる場合や, 1 つのシステムで 2 つ以上の業務の負荷を軽減できる場合などについても, そのことをまったく意識せずに行列とベクトルの掛け算をすることによって結果を出すことができる.

今回 6 つの代替案のうちで, リーダの業務負荷の軽減に最も効果的であると評価されたシステムは, 代替案 ㉔ データ収集システムである. データ収集システムを導入することによって, 運転記録を集め, 帳票に記入するという業務における負荷の軽減が評価されている. なおここであげた代替案のうち, ㉔ 高度制御システム, ㉖ データ検索システムについてはすでにあるプラントに導入され, 運転スタッフの業務負荷が大きく軽減できることが確かめられている^{(5),(6)}.

3.3 HA 法の AHP 法に対する優位性の検討

本論文で取りあげた事例において HA 法と AHP 法を比較し, HA 法の優位性について述べる.

3.3.1 HA 法と AHP 法の比較

1) HA 法と AHP 法が同じである点

- ・評価者の意思決定過程を階層化して表現し,

最終目標から評価基準, 代替案までそれぞれの構成要素を順次定義する.

階層ごとに要素間の重みを求め, それをもとにして代替案の優先順位を決める.

2) HA 法と AHP 法が異なる点

- HA 法では階層ごとに求める重みについて, 階層間の要素の対応が 1 対 n の場合は一対比較によって求め, n 対 m ($n \neq 1, m \neq 1$) の対応の場合は実測値に基づく比較演算 (適用事例のレベル 3 の重みは実測値の相対比較演算, レベル 4 の重みは実測値そのものによる比較演算) によって求めている.
- AHP 法では各階層ごとに求める重みを正規化して, 最終的に求める代替案の優先順位を無次元化しているが, HA 法では代替案の重み (優先順位) に次元を残している.

3.3.2 事例における HA 法の AHP 法に対する優位性

- AHP 法では階層が増え, 要素の数が増えると, 一対比較表も増える. 特に階層間の要素の対応が n 対 m ($n \neq 1, m \neq 1$) の場合, 1 つのレベルの重みを求めるのに n 個の一対比較表を作る必要がある. それに対して HA 法ではこの場合に, 実測値をもとに行列を 1 つ作るだけでよい.
- 実測値を用いる場合, あるレベルの重みを求めるにあたって, 相対比較演算あるいは実測値そのものによる比較演算が可能で, 前者を用いるとそのレベルの重みを無次元化できる. それによって最終結果 (代替案の優先順位) の次元を評価にふさわしいものにすることができる.

4. おわりに

化学プラントのシステム化については, 多くの場合システム導入による増産効果, 省資源・省エネルギー・省力化の効果や導入に必要なコストなどを金額で評価して導入の可否を決めている. しかし製造現場の生産性向上のためには, 高い技能を持つ運転スタッフの存在が不可欠である. そこで運転スタッフの業務のうち, その職位では価値が低いとみなされる技能を含み, 負荷軽減の効果が大きいものを, 優先的にシステム化するという考え方を提案し, HA 法によって関係者の合意形成に有効な定量的評価が可能であることを示した. またこの評価で用いた一対比較は, 感覚的にしかあらし得ない評価項目を数量化して表現することができるという長所もあるが, 各階層を

構成する要素の影響度を重みであらわすため, ある単位を持つ絶対的な評価指標が使えないことや, 階層化して繰り返すと最終結果の根拠がだんだん見とおしにくくなるという短所もある. 本論文では, 一対比較による重み付けと, 実測値による重み付けとを組合せることによって, 一対比較という感覚的な評価も残しながら, 関係者の納得性を阻害しない評価方法を提案した. 今後の課題として, ここで提案した方法の効果をさらに高めるために

- 1) 関係者全員が評価者となってその総合評価を用いること (今回は評価者も評価対象者も一人である).
 - 2) 軽減できる負荷の価値は, おなじ時間数でも運転スタッフの職責に応じて異なるので, それを最終評価に反映させること (今回はリーダーのみを評価したので, さらにこのプラントの運転スタッフ全員 (新人, 中堅) を評価対象にして全体の評価精度をあげる).
 - 3) 軽減できる負荷の価値を金額で評価して, システムの導入コストも評価に加えること.
 - 4) 投資効果による評価と今回提案する評価とを合わせた総合的な評価法を確立すること.
- などをあげることができる. また今回提案した方法は, 重みなどのパラメータの決め方によって結果が左右されるので, 数多くの使用例を経れば使いやすく精度の高いものへと改善されていくであろう.

運転スタッフの持つ技能はどこまでシステム化しても, すぐに次の目標が見つかるという奥深さを持つといわれている⁽³⁾. ものをつくるためのノウハウが人間の手や頭, そして工場労働者の日常の中であって, 自在に変化し, 適応し, 発達している⁽⁴⁾とするならば, ここで提案した手法を用いて運転スタッフの業務の負荷を軽減し, 技能の高度化や新たな技能の習得をすすめるにというサイクルを作り, それを常にまわし続ける仕組みを確立すること, すなわち人とシステムが共存しつねに成長し続ける仕組みを作り上げることは, これからの製造現場にとって不可欠なものになるだろう.

参考文献

- (1) 刀根, 眞鍋編: AHP 事例集, 日科技連出版社 (1990)
- (2) 木下栄蔵: 入門 AHP—決断と合意形成のテクニック, 日科技連出版社 (2000)
- (3) 吉川恒夫: 人工技能—技能の理解とその機械化

- ー, 計測と制御 37-7 465/470 (1998)
(4)榎木哲夫: 人間-機械-環境系からみる熟練技能, 計測と制御 37-7 471/476 (1998)
(5)江口, 野口: 「バッチプラントにおける既存 DCS の機能高度化事例」1998 年計装制御技術会議,

- 日本能率協会(1998)
(6)江口, 野口, 小崎: 「PLC を用いたバッチ反応機のモデル予測制御<ステップ応答テスト, DCS/PLC 共存環境>」計装 2003 年 7 月号 46-9 24/29, 工業技術社 (2003)

[著者紹介]

江口 元 (正会員)



1974 年早稲田大学理工学部応用物理学科卒業. 同年三井東圧化学(株)(現三井化学(株))入社. 同社にてプロセスコンピュータのソフトウェア開発, 生産技術開発等に従事. 2003 年同社退社. 現在名古屋工業大学システムマネジメント工学科研究生. 化学工学会等の会員

伊藤 利昭 (正会員)



1967 年京都大学大学院工学研究科数理工学専攻終了, 三菱化成工業(株)入社, プロセス計装, 生産技術開発, 研究開発マネジメントに従事. 97 年工学博士(京都大学). 2000 年名古屋工業大学教授(現在に至る). <主な著書> 共著「化学工学便覧改訂 6 版 24 プロセス制御」丸善(99), 編共著「化学産業における制御」コロナ社(2002), 共著「プロセス制御」コロナ社(03).

橋本芳宏 (正会員)



1957 年 12 月 1 日生. 80 年京都大学工学部化学工学科卒業, 85 年同大学院博士課程単位取得退学. 同年名古屋工業大学生産システム工学科助手, 講師, 助教授を経て, 2003 年 4 月名古屋工業大学システムマネジメント工学科教授, 現在に至る. プロセス制御, 運転支援システムなどの研究に従事. 工学博士. 化学工学会などの会員.